2024년 춘계학술발표대회 : 일반부문

용적률에 따른 도시 열환경 변화 시뮬레이션 분석

- 세운재정빈촉진계획 변경안을 바탕으로-

Simulation analysis of changes in urban thermal environment as a function of floor area ratio and building coverage ratio

- Based on the revised Sewoon Redevelopment Promotion Plan -

○조 여 림* 김 충 호**
Cho, Yeo-lim Kim, Chung-Ho

Abstract

The purpose of this study is to analyze the changes in the thermal environment of commercial areas due to changes in floor area ratio and number of floors. The Sewoon Redevelopment Promotion Plan was selected as the target area, and nine cases with changes in building floor area ratio and floor area were selected. Finally, the wind environment, thermal environment, and comfort were evaluated using Envi-met, a microclimate analysis model, for the nine cases. The implications of this study are as follows: First, we conducted a simulation analysis of changes in the urban thermal environment according to floor area ratio in commercial areas, which are high-density development areas, to derive a floor area ratio that can alleviate the urban heat island phenomenon in commercial areas. Second, we analyzed the impact of the proposed changes to the Sewoon Redevelopment Promotion Plan on the urban thermal environment.

키워드 : 도시열섬, Envi-met, 열쾌적성, 시뮬레이션, 상업지역
Keywords : Urban Heat Island, Envi-met, Thermal comfort, Simulation. Commercial area

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

지구 온난화로 인해 폭염, 가뭄, 홍수 등 이상 기후 현상이 전 세계적으로 나타나고 있으며, 도시열섬현상과 같은 다양한 도시 환경문제가 증가하고 있다. 기후 변화로 인한 손실과 피해는 지구 평균온도가 1.5도 증가할 때보다 2도 증가할 때 훨씬 더 높게 나타날 것으로 전망된다(IPCC, 2021). 도시환경 문제 완화를 위해서는 지구 온난화를 완화하는 게 필요하며, 온실가스 감축이 요구된다.

온실 가스 감축을 위한 노력으로는 '교토의정서', '파리협정' 등 여러 협약들이 있으며, 이를 통해 온실가스를 감축하고 탄소중립을 달성하고자 한다. 국내적으로는 탄소중립기본법을 제정하였으며, 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획을 수립하여 2050년까지 탄소중립을 목표로 하고 있다. 이러한 패러다임에 맞춰 도시 계획적 측면에서도 탄소중립 도시 개발이 요구되고 있다.

한편 도시는 복잡계로 건물의 배치, 용적률, 건폐율 등 다양한 도시의 물리적, 환경적 요소가 복합적으로 작용하여 도시 미기후를 형성한다. 이렇게 형성된 도시 미기후에 따른 기온이 도시가 인접한 교외 지역에 비해 높아서 고온의 공기가 섬 모양으로 뒤덮고 있는 상태가 도시열섬현상이다(김수봉 외, 2006). 도시 고밀 개발의 증가로 열섬현상도 증가하고 있다. 도시열섬현상은 실내냉방 사용을 유발해 도시 온도와 탄소 배출을 증가시켜 도시 온도가 증가하게 되어 도시열섬현상이 강화된다. 따라서 탄소 중립을 위해 도시 미기후에서 열환경을 개선할 수 있는 도시계획 및 설계가 요구되고 있다.

서울시는 서울 중심부 '녹지생태도심 쟁창조 전략'으로 세운재정비촉진지구를 고밀·복합 개발을 추진하고 있다. 도심의 고층 빌딩과 나무와 숲을 공존하게 하여 공원녹지 공간을 확보함으로 녹지를 통한 도시열섬현상 완화를 도모하고자 한다. 그러나 도시열섬현상 완화를 위해서는 단순히 녹지 공급을 넘어 적절한 밀도의 개발이 이루어져야 한다.

따라서 본 연구는 세운 재정비 촉진 계획 변경안을 바탕으로 도시 용적률에 따른 도시 열환경 변화를 시뮬레이션 분석을 통해 알아보고 적절한 개발 밀도의 방향성을 제안하고자 한다.

* 서울시립대학교 일반대학원 석사과정
** 서울시립대학교 도시공학과 부교수
(Corresponding author : Department of Urban Planning and Design, University of Seoul, chkim0428@uos.ac.kr)

2. 선행연구 검토

2.1 도시열섬현상

도시열섬현상의 원인으로는 공장 매연, 자동차 배기가스, 주거・상업지역의 에어컨/난방기의 배출열 등 각종 인공 열과 아스팔트와 콘트리트 같은 인공 시설물, 녹지 면적의 감소가 있다(김수봉 외, 2001). 따라서 불투수 지표면적이 높은 시가화 지역은 도시열섬현상이 강하게 나타나며, 주거시설과 상업시설이 밀집해 있는 지역일수록 도시열선혐상에 취약한 지역이다(조혜민 외, 2019).

도시열섬현상을 파악하는 지표로는 도시열섬잠재성(UHI)이 있다. 도시열섬 잠재성(UHI)은 도시 지역의 온도에서 도시 외곽지역의 온도를 빼는 것이다(강승원 외, 2021). 도시 지역의 기온 상승을 확인할 수 있으며 도시열섬현상의 정도를 측정할 수 있는 방법이다. 도시열섬현상으로 인한 도시민의 생활 불편감, 체감 온도를 측정할 수 있는 방법으로는 PMV, PET가 사용된다. 실제로 인간이 느끼는 열쾌적성을 나타내는 지표인 PET는 기온, 상대습도, 풍속, 복사에너지를 사용하여 인간이 느끼는 열스트레스를 단계별로 나타낸 지표이다.

도시열환경에 영향을 주는 도시의 물리적 요소들에 대한 선행연구들을 살펴보았다. 조혜민 외(2019)는 서울시를 대상으로 도시열섬현상지역의 물리적 환경 특성을 파악하고 인구 및 경제적 지표를 바탕으로 도시 열환경취약지역을 도출하였다. 도시열섬현상 지역의 물리적 특성을 로지스틱 회귀분석을 통해 살펴보았는데, 서울시의 도시열섬지역은 주거시설과 사업지역의 연면적이 높으며 불투수포장면 비율이 높고 정규화식생지수(NDVI)가 낮은 특성을 나타냈다. 공간적 분포는 주로 강북의 중구, 종로구, 성동구 등 도심 주변이 있는데 이 지역은 강남에 비해 용적률이 상대적으로 낮지만 높은 불투수면과 오래된 중・저층 건물이 밀집되어 있다. 하재현 외(2015)의 연구에서는 천공개폐율을 중심으로 도시의 물리적 환경 및 미기후 특성이 대기온도에 미치는 영향을 살펴보았다. 대기온도를 종속변수로 설정하였을 때 공원면적, 천공개폐율, 반사율은 대기온도를 감소시키는 영향이 있었으며, 용적률이 높을수록 대기온도가 높고 바람의 속도가 느린 것을 밝혔다. 녹지지역은 도시열섬현상에 긍정적인 영향을 주는 반면 용적률은 도시열섬현상을 부정적인 영향을 주는 것을 알 수 있다. 따라서 도시열섬현상 완화를 위해서는 단순히 녹지의 확장보다 도시의 물리적 요소들의 종합적인 고려가 필요하다.

2.2 용적률에 따른 도시 열환경 변화

도시의 용적률이 도시 열환경에 미치는 영향을 분석한 논문은 주로 주거지역을 대상으로 시뮬레이션 하거나 회귀분석을 활용한 영향력 분석이 많다. 판산형 공동주택의 건폐율 및 용적률이 일조・옥외열환경에 미치는 영향을 분석한 정숙진・윤성환(2015)은 옥외열쾌적성(MRT)는 건폐율에 민감하게 영향을 받는데 비해 열섬잠재성(HIP)값은 용적률에 더 큰 영향을 받는 다는 것을 밝혀냈다. 반면에 회귀분석을 통한 분석인 조혜민 외(2019)의 연구에서는 서울시를 구단위로 분석해 용적률이 낮은 저층 주거지일수록 열섬효과가 강하게 나타나는 것을 밝혔다. 그러나 이러한 연구들은 대부분 주거지역을 대상으로 한 분석이기 때문에 도시열섬 취약지역으로 나타나는 상업지역을 대상으로 적용하기에는 한계가 있다. 따라서 실제 상업지역을 대상으로 한 시뮬레이션 분석을 통해 상업지역의 도시 열환경에 용적률이 미치는 영향을 분석하여 도시열섬현상 완화를 위한 적절한 용적률을 도시계획적으로 제안할 필요가 있다.

2.3 Envi-met을 활용한 도시 미기후 분석

Envi-met은 독일에서 Bochum university의 Michael bruse에 의해 개발된 3차원 미기상 모델링 프로그램으로 2004년 최종 개선되었다. Envi-met은 공간적으로 넓은 영역보다 좁은 영역의 상세한 기상 정보를 도출하는 장점을 가지고 있으며, 미기상에 영향을 주는 물리적 과정에 대한 구체적인 고려가 가능하다(최현정, 2016). 선행연구들에서는 Envi-met을 이용하여 주풍향, 바람장 변화를 측정하기도 하고(조충연, 2010), 녹지 조성에 따른 열환경 개선을 시뮬레이션(박종화, 2023)을 시행하였다. 식재, 건축물의 배치 등 물리적 변화로 인한 풍향, 온도 등의 변화를 확인하는 것이 주를 이루는데 Envi-met은 도시의 물리적 변화에 미기후 변화를 측정하기에 적합한 프로그램으로 볼 수 있다. 따라서 도시의 특정 물리적 요소의 변화에 따른 도시 미기후 변화를 측정하기에 적합한 프로그램으로 볼 수 있다.

2.4 선행연구 고찰 및 기존 연구와의 차별성

기존의 연구들은 구단위 범위에서 분석을 진행하거나 주변 환경에 대한 고려 없이 가상의 공간에서 용적률 변화를 측정하고 있는 경우가 많다. 그런데 도시 미기후는 하나의 요소가 아니라 복합적인 요소가 결합하여 작동되기 때문에 실제 도시 미기후에 용적률이 어떻게 작용하는지 알 수 없다는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 실제 상업지역 대상으로 진행한다는 점에서 기존 연구와 차별성을 가진다. 또한 고밀개발을 통한 녹지 공간 확보로 도시열섬현상 완화를 목적으로하는 세운재정비촉진지구를 대상으로 한다는 점에서 차이점이 있다. 실질적인 열섬저감효과를 나타내기 위한 방안을 찾을 수 있다는 점에서 중요한 의미가 있다.

3. 분석 대상 및 방법

3.1. 대상지 소개

시뮬레이션을 진행할 대상지는 세운재정비촉진지구로 지정된 서울특별시 종로구 및 중구의 세운상가군 일대이다. 종묘와 인접해 있으면서 남쪽으로는 남산이 보이는 곳으로 도시 경관적으로 중요한 위치에 위치하면서, 주변에는 저층 고밀 건축물이 형성되어 있는 지역이다. 세운재정비촉진계획안을 통해 세운상가를 중심으로 도시재생이 이

루어지던 곳이다. 현재는 세운재정비촉진계획 변경안이 적용되어 개발 사업이 진행되고 있는 지역이다. 세운재정비촉진계획 변경안은 서울시 녹지생태도심재창조전략을 통한 개발이 이루어지고 있다.

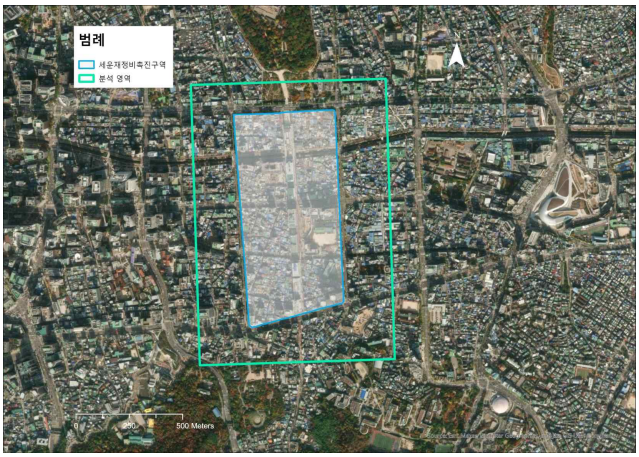

그림1. 연구의 대상지

3.2. 연구의 범위 및 활용 데이터

연구의 시간적 범위는 2022년 7월 30일로 2022년 기준 일최고 기온이 가장 높은 날을 기준으로 시뮬레이션을 진행하였다. 모형 구축을 위한 지형의 형태는 국토정보플랫폼의 DEM을, 가로수는 국토정보플랫폼의 1/1000수치지형도와 연속수치지형도를, 건축물은 국토정보플랫폼의 연속수치지형도를, 토지이용은 토지피복지도 중분류를 활용하였다. 세운재정비촉진구역의 토지이용은 별도로 세운재정비촉진계획안을 참고하여 작성하였다. 건축물의 높이는 수치지형도 상의 층수 데이터를 활용하여 한층을 4m로 설정하고 계산하였다. 기온 및 습도 자료는 [그림1]의 분석 영역 안에 있는 스마트 서울 도시데이터 센서(S-dot) 총 7개에서 구득하였고, 풍향 및 풍속은 기상청에서 제공하는 바람장미도를 활용하였다.

구분		사용 데이터	출처
환경적 요소	기온	S・dot	서울시
	습도		
	풍향/풍속	바람장미도	기상청
물리적 요소	DEM	수치지형도 1/1,000	국토정보플랫폼
	가로수 분포	수치지형도 1/1,000	국토정보플랫폼
	토지이용 현황	토지피복지도	환경공간정보서비스
	건축물	연속수치지형도	국토정보플랫폼

표1. 사용 데이터 및 출처

3.3. 분석과정

본 연구는 다음과 같은 분석 과정을 거쳤다. 첫째, 서울시의 세운재정비촉진지구 계획 변경안의 건축한계선에 맞춰 건축물을 설정하고 용적률 변화에 따라 Case를 3가지로 분류하였다, 용적률 변화에 따른 도시 열환경 변화를 확인하고자 하기 때문에 용적률을 제외한 변수들은 동일하게 설정하였다. 둘째, Case별로 Envi-met 시뮬레이션 분석을 진행하였다. 분석된 PET, 기온, 풍속, 습도를 비교하여 열쾌적성 및 도시 미기후의 변화를 비교하였다. 도시 미기후를 활용하여 도시열섬 강도를 추가적으로 비교 분석하였다. Envi-met 시뮬레이션을 위한 3D 모델은 GIS를 활용하여 구축하였다.

3.4. Case 설정

본 Case의 설정의 목적은 용적률에 따른 도시 열환경 변화를 확인하는 것이다. 따라서 시뮬레이션 분석을 위해 용적률에 따라 총 3가지 Case로 분류하였다. 용적률의 기준은 서울시 도시계획 조례상을 용적률 상한에 따라 설정하였다. Case1은 근린 상업지역의 600%, Case 2는 일반 상업지역의 800%, Case 3은 중심 상업지역의 1000%으로 용적률을 설정하였다. 건축면적은 [그림2]의 건축한계선에 따라 설정하였고, 덕수중, 공공청사는 현재의 형태를 그대로 보존하였다.

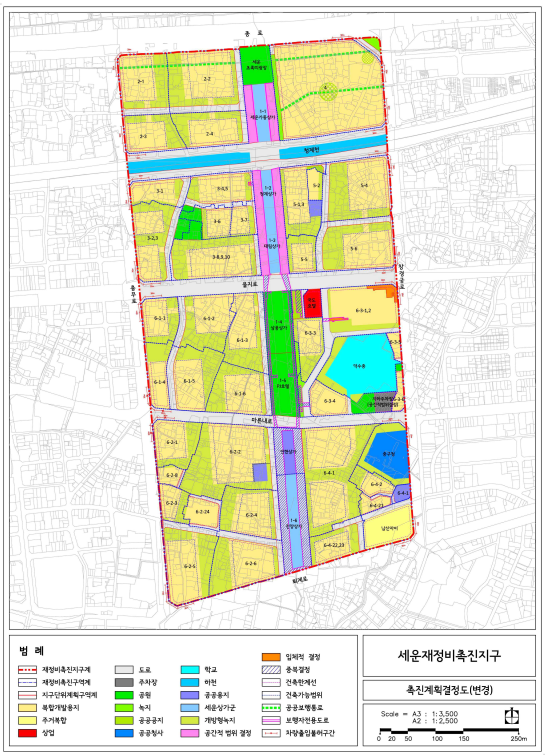

그림2. 세운재정비촉진지구 촉진계획결정도(변경)

구분	용적률
Case1	600%
Case2	800&
Case3	1000%

표2. 시뮬레이션 Case 설정

3.5. 시뮬레이션 실시

[그림1]의 분석 영역을 기준으로 시뮬레이션 분석을 진행하였으며, Envi-met 시뮬레이션에 입력한 초기 값은 [표3]과 같다. 토지 피복 재질을 토지피복지도의 중분류에 따라 [표4]와 같이 작성하였다.

항목	입력값
날짜	2022년 7월 30일
시간	9시~18시
기온	26~37℃
습도	40~86%
풍향	북동풍
풍속	2.6m/s

표3. 시뮬레이션 초기 입력값

구분	대상	코드	재질
DEM	수치지형도 1/1,000	국토정보 플랫폼	-
가로수 분포	모든 가로수	020150	은행나무 중간크기
토지이용 현황	교통지역	0200ST	아스팔트 도로
	인공초지, 자연초지, 논,밭, 시설재배지, 과수원, 기타재배지	0100XX	Grass 25cm aver.desnse
	활엽수림, 침엽수림,혼효림, 내륙습지,연안습지	0200LS	Loamy Sand
	자연 나지, 인공 나지, 기타 나지	0200SD	Sandy soil
	내륙수, 해양수	0200WW	Deep water
	그 외 포장 지역	0200PG	Concrete PavermentGray
건축물	-	-	-

표4. Envi-met 재질 적용

참고문헌

1. 강승원・박지용・정주철, 도시열섬에 취약한 도시형태의 탐색: 멀티스케일 분석을 통해, 대한국토・도시계획학회 2021 추계학술대회, 2021
2. 김수봉 외, 도시열섬현상의 원인과 대책, 환경과학논집 제6권 제1호, pp.63~89
3. 김수봉 외, 친환경적 도시계획 : 도시열섬 연구, 문운당, 2006
4. 김은환・김형규, 복개하천 주차장의 피복 및 식재 변화를 통한 열환경 및 열쾌적성 개선 방안 - 인천광역시 남동구 만수복개천 공영주차장을 중심으로, 도시설계 : 한국도시설계학회지,제21권 제2호, pp.117-131, 2020
5. 박수진・윤성환, 사무소건물의 건폐율 및 용적률이 옥외 복사열환경에 미치는 영향 분석, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 - 계획계,제29권 제1호, pp.609-612, 2009
6. 박종화, ENVI-met v4.0을 활용한 노후 공업단지 인접 단독주택지의 열 쾌적성 평가,한국디지털콘텐츠학회 논문지,제24권 제1호,pp.153-166, 2023
7. 이석민・배윤신・신상영, 기상이변에 대한 서울시 취약지역 대응방안」, 서울연구원, 2011
8. 여인애・이정재・윤성환, 도시의 건폐율 및 용적률이 도시기후에 미치는 영향 분석,한국태양에너지학회 논문집,제29권 제3호, pp.19-27, 2009
9. 조충연, CALMET 및 ENVI-MET를 이용한 산업단지 입지에 따른 국지 바람장 분석, 환경영향평가 제21권 제3호, 2010
10. 조혜민・하재현・이수기, 서울시 도시열섬현상 지역의 물리적 환경과 인구 및 사회경제적 특성 탐색, 지역연구, 제35권 제4호, pp.61-73, 2019
11. 최현정, 미기상 도시모델(Envi-Met.)을 이용한 도시 내 열환경 안정도 연구, 한국건축친환경설비학회 논문집,제10호 제6권, pp.416-427, 2016
12. IPCC, 기후변화 2021 과학적 근거, 기상청, 2021